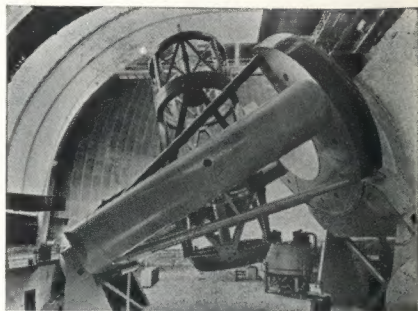
星と宇宙

岩波写眞文庫　36

岩波写眞文庫 36 星と宇宙

編　集　岩波書店編集部
　　　　岩波映画製作所
監　修　鈴木敬信

200インチ反射望遠鏡
(アメリカ，パロマ山天文台)

はじめに

人間の知性は、極微の原子の祕密をも明かにしつつあるがこれとともに、宇宙についても一桁外れに大きな世界、宇宙について一歩一歩その神祕のヴェールをとり外してきた。その手がかりは、夜空から送られる天体のかすかな光で、望遠鏡の発達に伴い、その光は分析され理論が組立てられた。そして現在では宇宙の構造もくわしく推定され、多くの観測事実がその正しさを裏付けている。またわれわれの住む世界も、最早決して特殊なものではなく、宇宙のどこかに同じような條件のところが存在するであろうことも証明されている。

もちろん、この小さな本は、このような宇宙や、そのなかの天体について、くわしく語ることはできない。しかし、その概略のスケッチの役目を果すことはできるであろう。

なお、一般に天体写眞は風景などの場合と異って、それ自体では、距離や大きさがわかり難いのがふつうなので、この本のなかでは配列その他でできるかぎりこれを補うように努めた。

ペガスス座の球狀星團 ➜

目　次

定價100円 1952年8月10日 第1刷発行 1955年6月10日 第6刷発行 発行者 岩波雄二郎 印刷者 米屋勇 印刷所 東京都港区芝浦2ノ1 半七写真印刷工業株式会社 製本所 永井製本所 発行所 東京都千代田区神田一ッ橋2ノ3 株式会社岩波書店

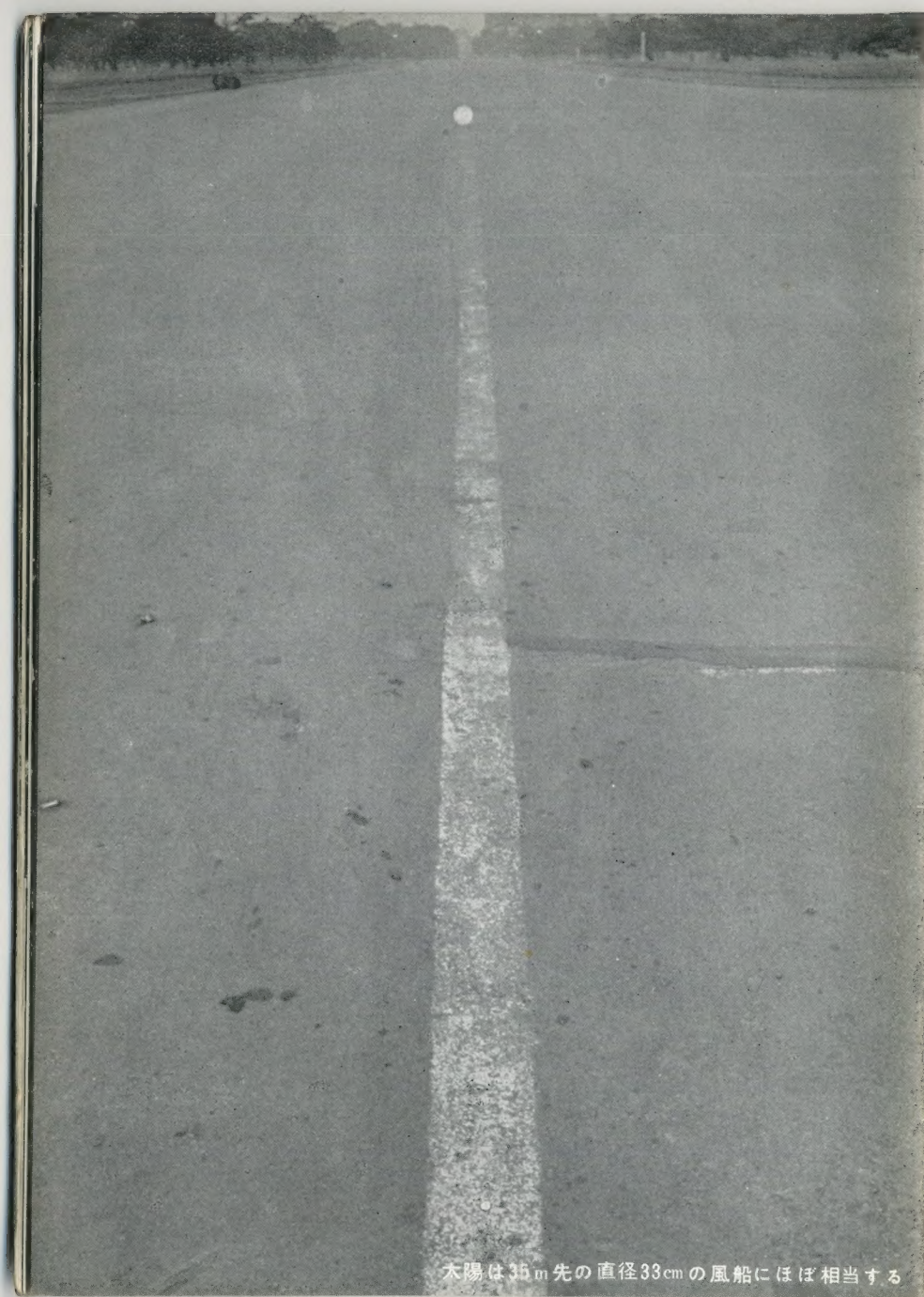
宇宙の大きさ

	單位 m
観測できる最遠の星雲までの距離	19,000,000,000,000,000,000,000,000
しし座星雲群までの距離	1,970,000,000,000,000,000,000,000
おおくま座渦狀星雲までの距離	41,600,000,000,000,000,000,000
アンドロメダ大星雲までの距離	14,200,000,000,000,000,000,000
銀河系宇宙の直径	950,000,000,000,000,000,000
ヘルクレス座球狀星團までの距離	284,000,000,000,000,000,000
最も近い球狀星團までの距離	49,000,000,000,000,000,000
いて座の三裂星雲までの距離	30,000,000,000,000,000,000
北極星までの距離	9,500,000,000,000,000,000
プレアデス星團までの距離	4,700,000,000,000,000,000
織女星までの距離	250,000,000,000,000,000
星と星との間隔(平均)	50,000,000,000,000,000
地球に最も近い恒星までの距離	41,000,000,000,000,000
1光年の距離	9,500,000,000,000,000
冥王星までの距離(平均)	5,900,000,000,000
海王星までの距離(平均)	4,500,000,000,000
最大の恒星の直径	4,200,000,000,000
天王星までの距離(平均)	2,900,000,000,000
土星までの距離(平均)	1,400,000,000,000
くじら座ミラ星の直径	840,000,000,000
さそり座アンタレス星の直径	220,000,000,000
太陽までの距離(平均)	150,000,000,000
火星までの距離(最近)	57,000,000,000
太陽の直径	1,400,000,000
ふつうの恒星の直径	1,000,000,000
月までの距離(平均)	380,000,000
最小の恒星の直径	300,000,000
木星の直径	143,000,000
地球の直径	12,800,000
水星の直径	4,800,000
ミシシッピ河の長さ	6,530,000
月の直径	3,480,000
ロケット上昇最高記錄	390,000
信濃川の長さ	369,000
ふつうの小惑星の直径	10,000
エヴェレスト山の高さ	8,880

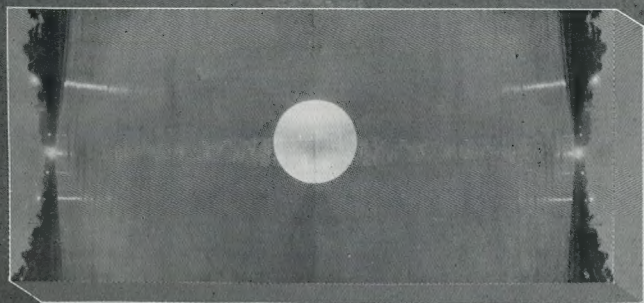
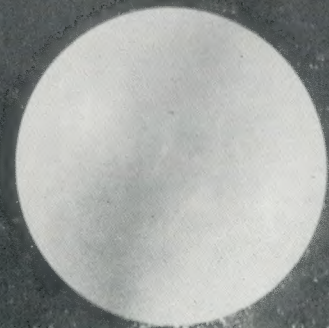
われわれはよく宇宙の廣大さについて語り合う。しかし、その膨大さに漠とした理解しかできないことが多い。光年という天文学上の尺度について実感が持ち得ないからであろう。毎秒三〇万キロメートルを進む光が一ヵ年を要する距離、即ち一光年が既にわれわれの世界とは遠くかけ離れた存在なのだ。

地球に最も近い天体である月にしても、音速に近いロケット飛行機で半月はかかる程遠い。ところがこれは宇宙の尺度から見れば無視できる程近い距離なのだ。また、地球の百倍の大きさを持つ太陽も、宇宙の視野に立てば、一つの平凡な星にしか過ぎない。天界には、太陽の数百倍もの大きな星もあれば逆にずっと小さいものもあり、これら大小とりどりの星は、望遠鏡で見られるものだけでも二十億に達するといわれている。しかも、その各々はわれわれが想像するように密接しているものではなく、いずれも、太陽、地球間の数十万倍も離れて存在している。その割合は地球上に五つのリンゴを適当な間隔に並べたぐらいだといわれ、人間ならば、地球上に一人以下ぐらいの分布だ。天界はいわば、暗黒の空虚な空間なのである。

このような星が集って、銀河系宇宙と呼ばれる小宇宙を作り、更にこの銀河系宇宙の外にも同じような大小の小宇宙が二百万も確められている。この数は実際にはもっと多いものと推定されているが、このような小宇宙の集りが、われわれが宇宙と呼んでいるものの概略の姿なのだ。従って、宇宙の規模の大きさをわれわれの知っている距離で話をするにはその尺度を思い切って極端に縮めてみなければならぬ。太陽ですら一ミリメートル以下にしないと、宇宙は想像もできない大きさになってしまうだろう。

地球を仮に、目に見えないごく小さなゴミの大きさ、すなわち一ミリメートルの五〇〇分の一ぐらいにしてみよう。この模型だと、太陽は〇、二ミリメートルぐらいになり、これをとり巻いて、ゴミの大きさの惑星と呼ばれるいくつかの星が八〇センチメートルの範囲に散らばる。そして、ここから約六キロメートルの間は一つとして星はなく、肉眼で見えるふつうの星の多くは数百ないし数千キロメートルの彼方にあることになる。すなわち、東京を起点とすると肉眼で見られる遠い星はアメリカ大陸のあたりになるわけだ。また、われわれの属している銀河系宇宙は、実際の大きさの地球を一〇ぐらい連ねた大きさになるはずである。つまり、われわれの模型では、東京にある小さなゴミの上に数億の人間がひしめき、そこから遠くアメリカあたりの一ミリメートルにも満たない物体について議論したりしていることになるのだ。われわれも、この驚くべき人間の知能に感謝しつつ、望遠鏡の助けをかりながら、測り知れぬ、神祕の宇宙の一端にふれてみよう。

太陽は35m先の直径33cmの風船にほぼ相当する

地球を3mmの球とすれば

太陽系　地球を離れてまず出会う天体は太陽系と呼ばれる星の集りである。星といっても、夜空に輝くふつうの星のように自ら光を発するものではなく太陽の光を反射することによってのみ存在を知られている天体だ。そして、これらの太陽系の家族たちはほぼ同一平面上を、円に近い軌道を画きながら規則正しく太陽のまわりを廻っている。地球もこの家族の一員だ。月は地球のまわりを廻っているもので、衛星と呼ばれる更に規模の小さい天体なのである。太陽系を語る場合には、地球をゴミのように小さくする必要はない。それでも、地球をバスケットボールぐらいの大きさにすると、関東地方の廣さを使わなければならない。もう少し小さくして、直径三ミリメートルぐらいにしてみよう。この模型だと、約九・一センチメートル離れて月があるはずで、三五メートルぐらい先にある三三センチメートルの風船がほぼ太陽に相当する。地球より太陽に近い水星、金星は、風船の太陽よりそれぞれ一一メートル、二一メートル手前に位置することになる。

太陽系を離れると，なにもない暗黒の空間がつづく，太陽系を直径8cmぐらいとすると前方 270mぐらいの灯が最も近い星になる．実際は光がとどくのに4.27年かかる程遠い．

太陽系の一番外側の冥王星は約1.1km先になる．海王星(860m)，天王星(550m)，土星(270m)木星 (160m)，火星 (43m) ぐらいにある．火星と木星の軌道の間には数万の小惑星がある．

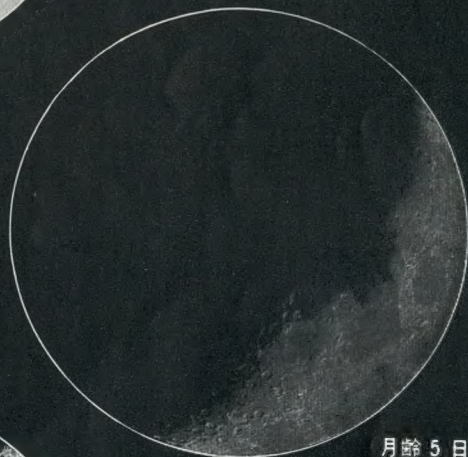
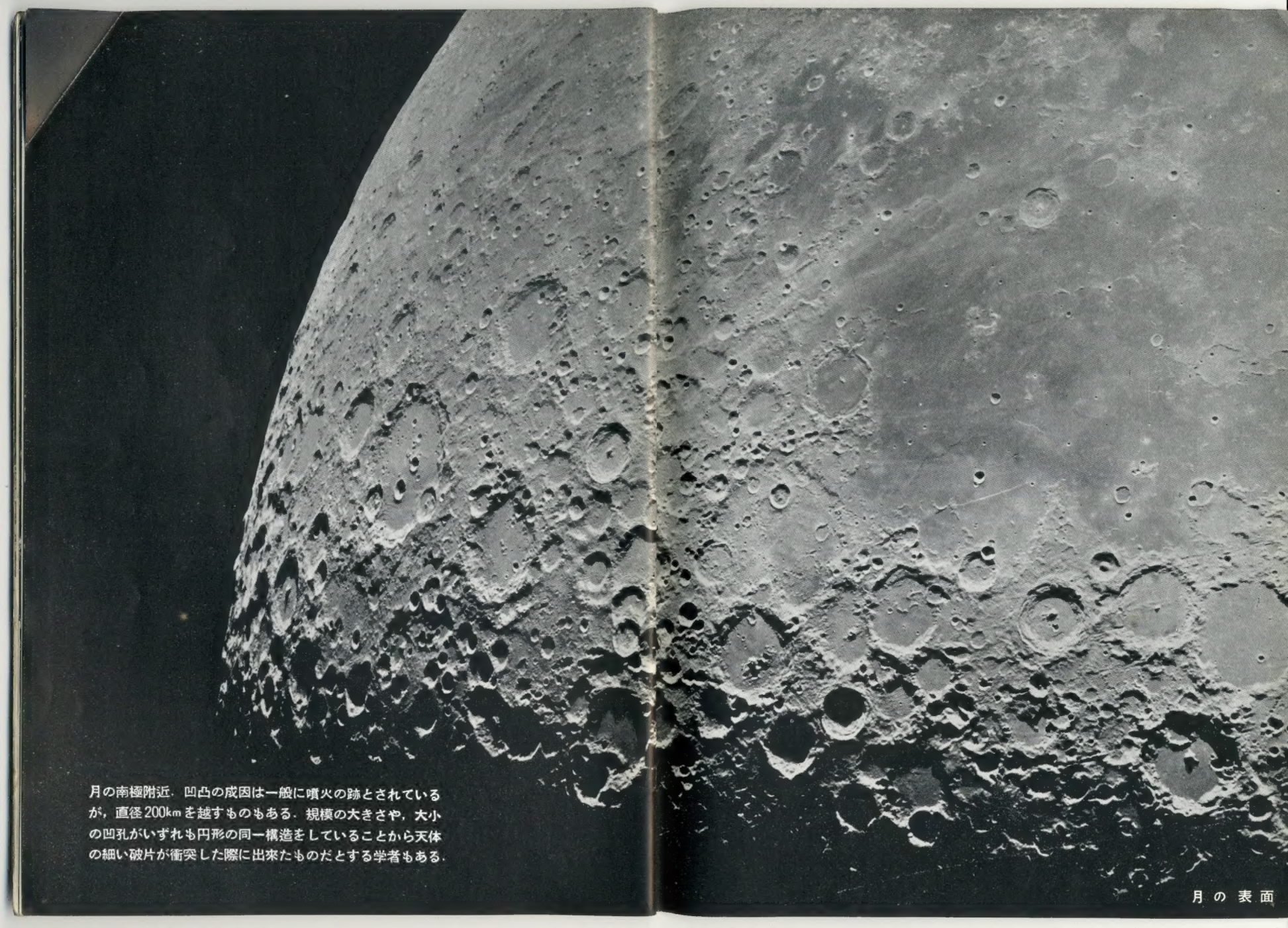
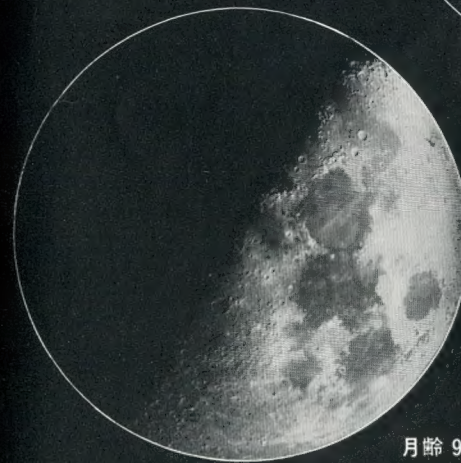
月齢16日

月齢14日

月には大氣がないので，雲もなければ雨も降らない．從って，いつでも月の表面ははっきり觀察され昔からその樣子が詳しく調べられている．‘嵐の海’‘靜の海’といった名がつけられている海のように見える部分，著名な天文学者，哲学者の名をとった大小無数の凹凸これに続くアルプス，アルタイなどの山脈など，或る意味では，地球上の未開の地よりもよく知られている．山の高さはふつう 4,000m ぐらいだが，なかには9,000m に達する高いものも計算されている．

地球から月へ

地球から月までは平均 384,000km．東京サンフランシスコ間を約25回往復する距離だ．遠いようだが天界の尺度では目と鼻の距離で，月までロケットで行くことはもう時日の問題になったようだ．月から地球まで光なら1秒ぐらいでくる．

月齢 3 日

月齢 5 日

月は地球のまわりを27日$\frac{1}{3}$に1回の割合で廻っているので，地球上からは，太陽に照されて光っている部分の見える割合が変化する．しかも，月自身も27日$\frac{1}{3}$に1自轉するので地球に対しては，いつもほぼ同一の半面を向けている．よく月のかけた部分が薄く見えることがあるのは，地球から反射された日光を更に反射している場合．

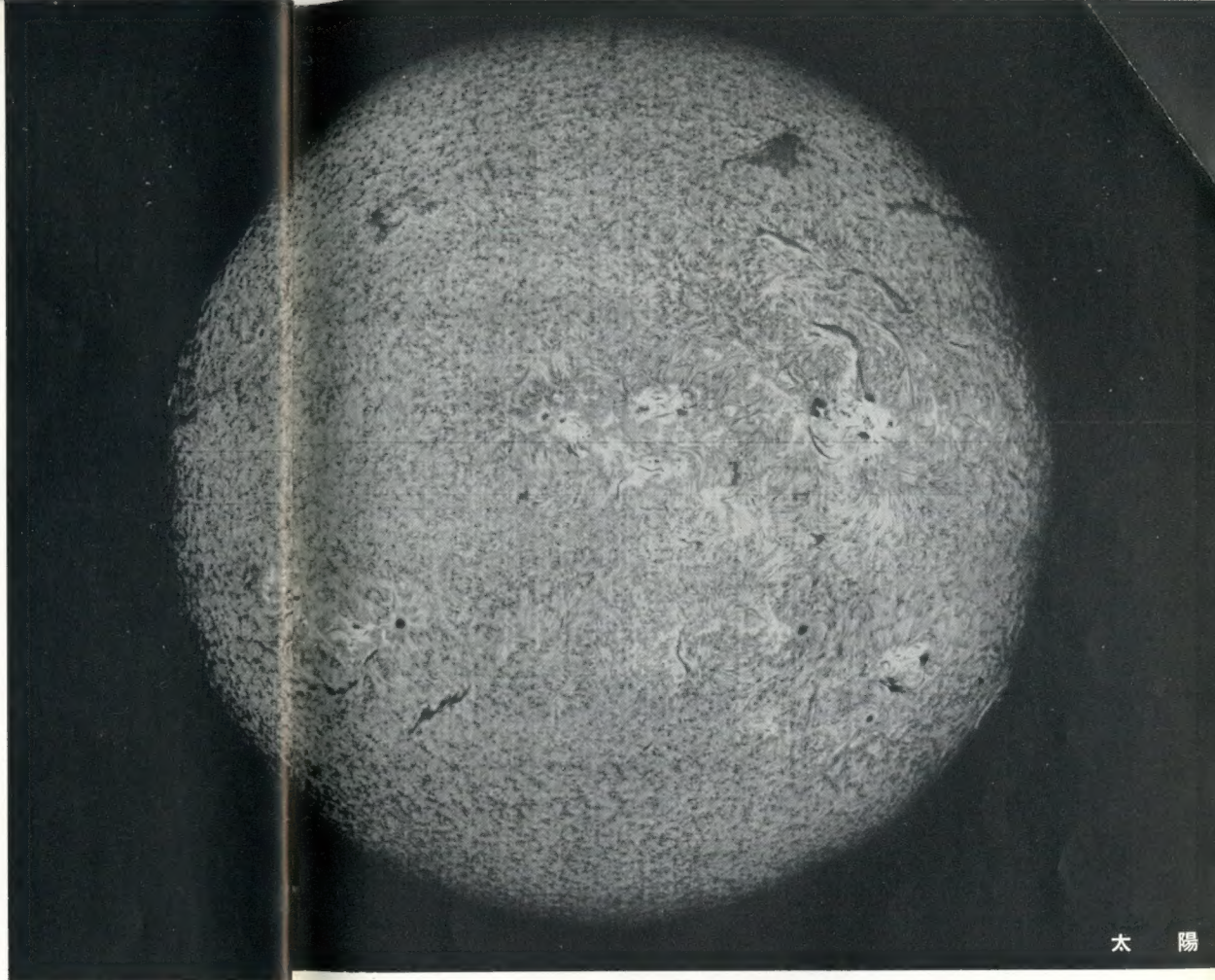
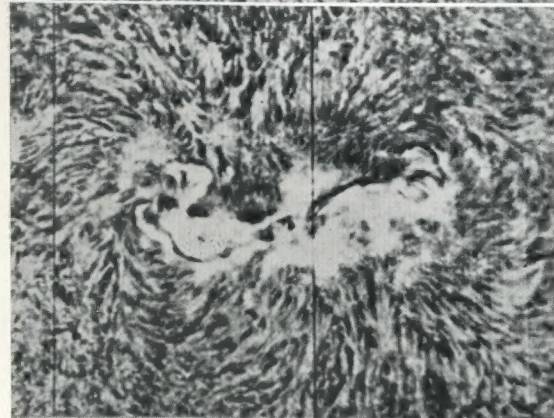
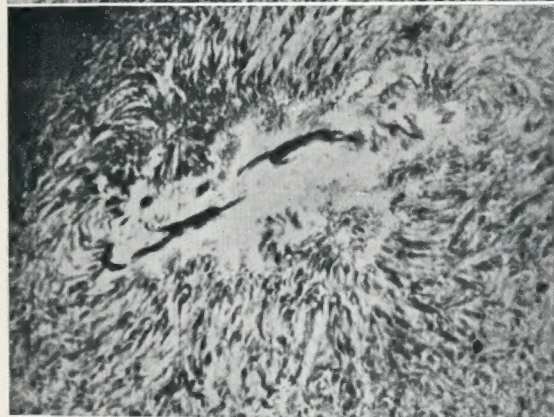
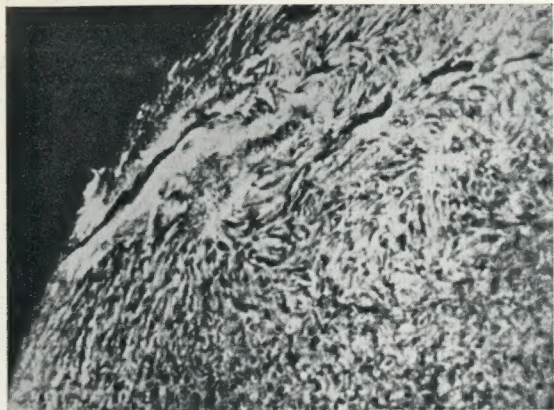
月齢 9 日

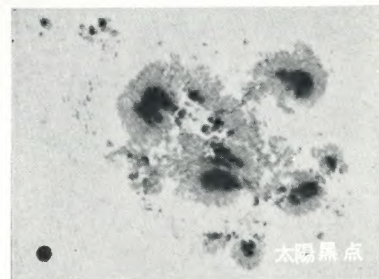
月の南極附近．凹凸の成因は一般に噴火の跡とされているが，直径200kmを越すものもある．規模の大きさや，大小の凹孔がいずれも円形の同一構造をしていることから天体の細い破片が衝突した際に出來たものだとする学者もある．

月の表面

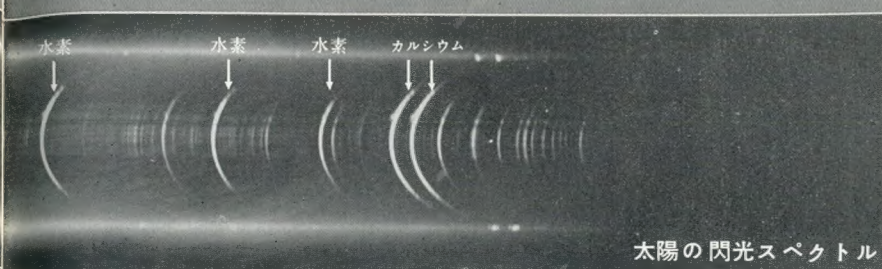
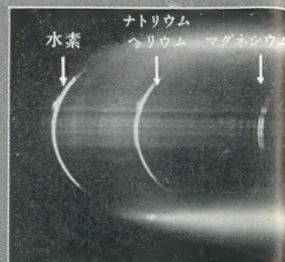
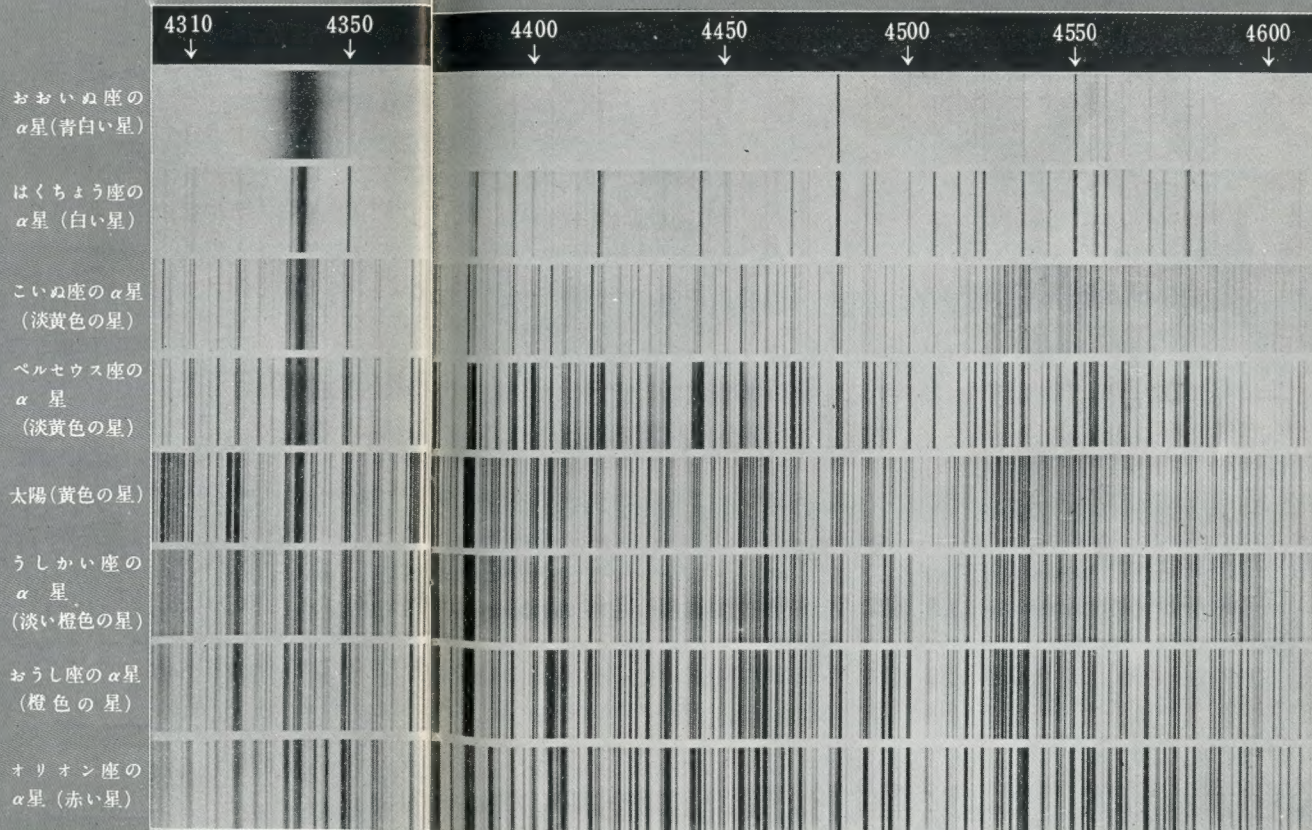
太　　陽

太陽は巨大なガス球で表面温度は約6,000度，中心では2,570万度にも上るという．この高温の下で水素がヘリウムに変化し，その際に生ずる熱で太陽が輝き，149,500,000 km はなれた地球にいるわれわれはその恩恵の下に生きている．太陽をつくるガスは水素やヘリウムが主で，鉄，銅などの金属が極めて少く，地球とはたいへんちがう．表面に時々見える黒い斑点，いわゆる黒点は巨大な渦巻で平均11年の周期で増減する．

太陽黒点

↑
日光のなかから水素の出す光を選りわけ，その光で撮ったもの．黒点がうず巻いているのがわかる．
↖
同じ方法による黒点の写真．時間的な変化を示す．
→
黒丸は地球の大きさ，こんな大きいのもふつうだ．

星のスペクトル

太陽や星の光をガラスの三角柱(プリズム)にあてると，虹のような色帯に分れ，そのなかにたくさん暗線が見られる．そのあらわれ方は星の場合と太陽の場合と全く同じなので，これによっても太陽は恒星の一つだということがわかる．これらの暗線は太陽や星の内部から出てくる光が外側の大氣を通る際に，そこにある原子や分子によって吸收されてできたものだ．それで，この暗線の位置や数，濃さなどを調べると，それらの原子，分子の種類や量が測定できる．

スペクトルを撮るときには，光をプリズムにあてる前に細い隙間を通し，光を幅の狹い平行光線にする．スペクトルの暗線が直線なのはこの細隙の形なのだ．ところが皆旣日食の場合，月が太陽をかくし終った直後には，太陽の大氣が細い三日月形に光る．これを細隙を使わずに撮ったスペクトルがこの写眞．光を出す原子が太陽大氣中に高く昇っているほど弧線は長くなるので，その長さから發光原子の垂直分布を知ることができる．これは太陽研究に大切なことだ．

➡
赤色の星ほど暗線が多いことに注意．これは主として金属原子によるもの．靑色の星では，溫度が高すぎるので，原子は光を吸收できる狀態にない．このため暗線が少い．

太陽の閃光スペクトル

星のスペクトル

金　星

土　星

冥王星

水　星

地　球

月

天王星

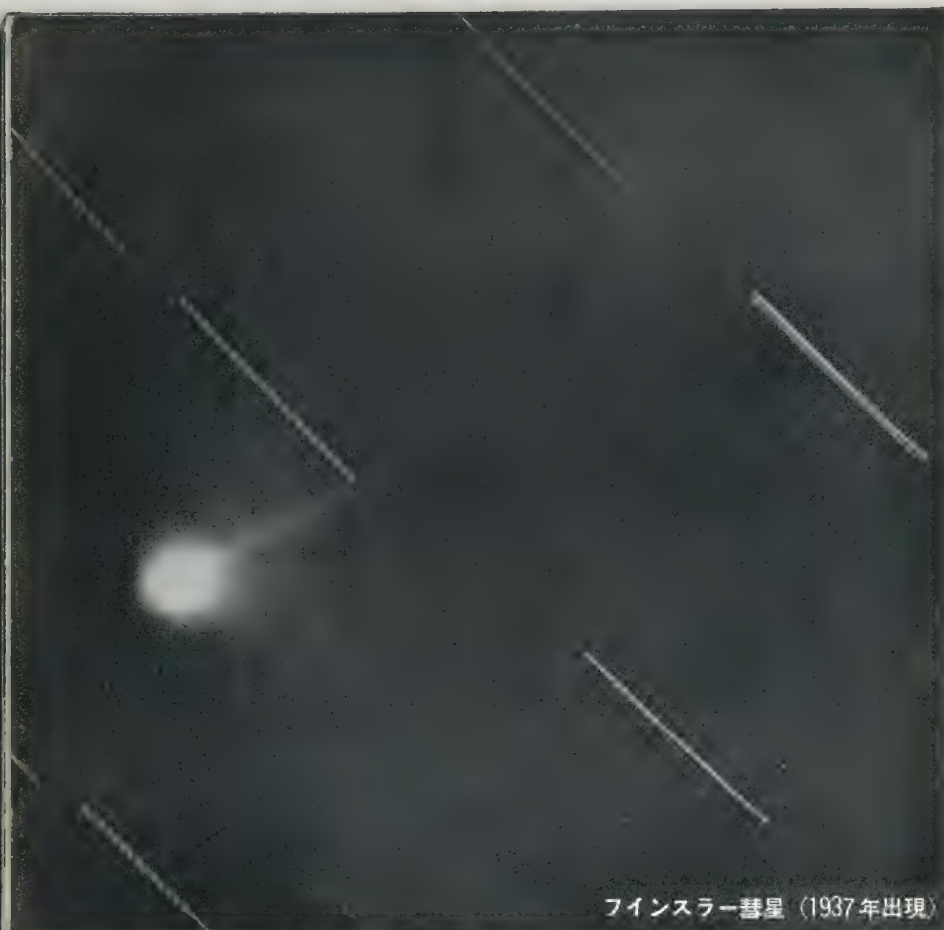
海王星

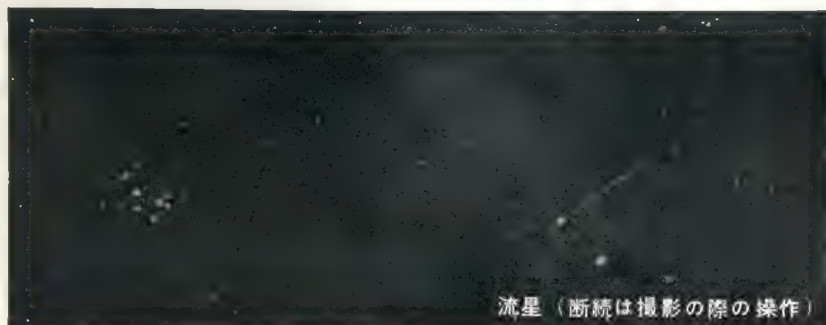
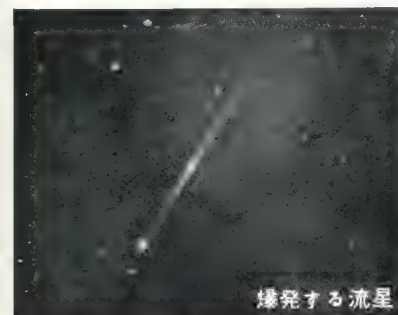
地球をとても大きく考える人が多いが，惑星のあるものはもっと大きい．比較すると図のとおりだ．太陽の直径は地球の約 109 倍．太陽の数百倍の恒星もある．紅炎は太陽から噴出したり，或は外から降りそそいでくるガスで，ふつうのものでもこの位ある．

太　陽

紅　炎

火　星

木　星

モアーハウス彗星（1908年出現）

太陽系の家族のなかで風変りなのは彗星だ．時々フラリと姿を見せるので風来坊のようだが，実はちゃんとした軌道を持っている．ただ惑星の場合と異ってとても細長かったり，或は一度去ったら二度と戻らなかったりする．惑星と異るのはそれだけではない．彗星は個々の粒子のまばらな集合だ．太陽から遠い時にはこれらの粒子が日光を反射して光るだけだが，太陽に近づくと粒子からガスが浸み出し，これが日光によって輝き出すので，彗星は急に明るくなる．小彗星に尾が全くなかったり，あっても小さいのはガスの量が少いからだ．彗星が年ふると粒子群は崩れ，粒子は軌道上に散らばってしまう．こんな粒子の群に地球が出あうと，粒子は後から後から地球の大氣中にとびこみ，大氣と摩擦して発熱し，光り出す．これが流星雨だ．流星が大氣中で燃え切れずに地面までも落ちてくると，隕石となる．

爆発する流星

ハリー彗星（周期76年，1910年出現）

フインスラー彗星（1937年出現）

流星（断続は撮影の際の操作）

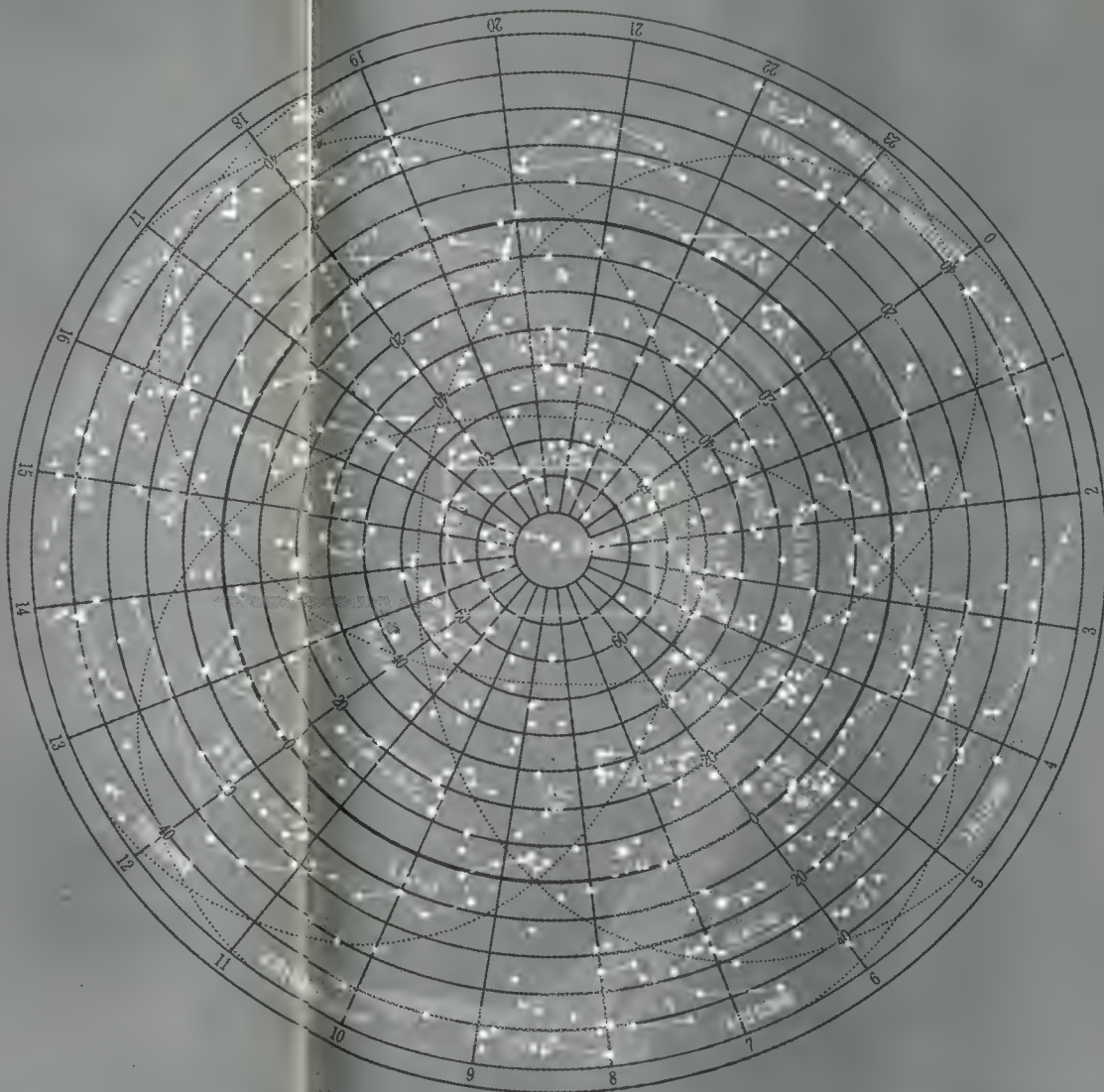
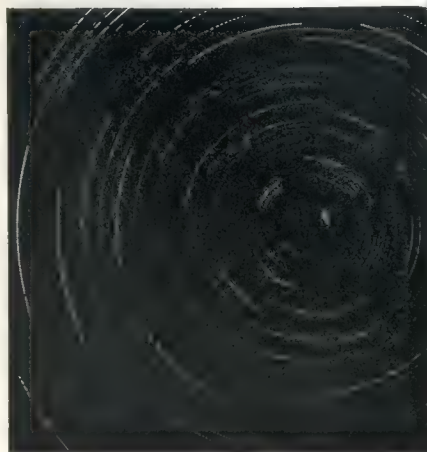
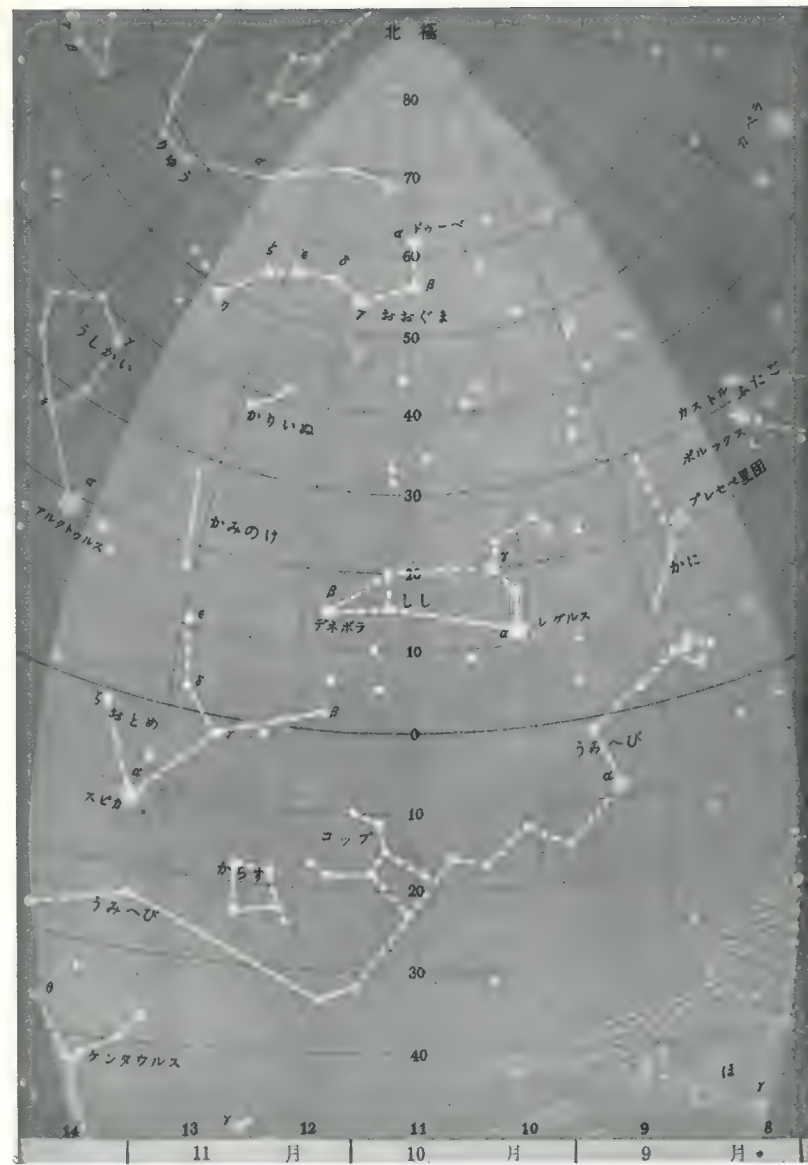
東京天文台提供

星　　　図

太陽系をはなれると，自ら光を放つ恒星とよばれる星の世界だ．これらは，或は遠く或は近く，空間に分布しているが，これを地球を中心とする球面上にへばりついていると考えて作った星の分布図が星図．右図は東京で見られる範囲の星図で，地球が自轉するので，日没直後と夜明前に空を見れば，ごく小範囲以外は全部見える．星は夜しか見えないのに，その間に全部見えるのは，われわれが四周を見渡すのに１廻轉しなくてもよいのと同じだ．四季で見える星が異るように思われがちだが，そうではなく，ただ同じ時刻には，見える部分が変るだけだ．たとえば，夜半にほぼ眞南に見える星は太陽と反対の方向にある星だが，この方向は，地球が太陽のまわりを廻るので季節によって変ってくる．同じ日の時刻による変化は１時間に 15° の割で西にずれる．

↓

カメラを北に向けて，シャッターを開け放しておくと，星は地球自轉のため円弧にうつる．中心は地軸の方向，すなわち天の極．

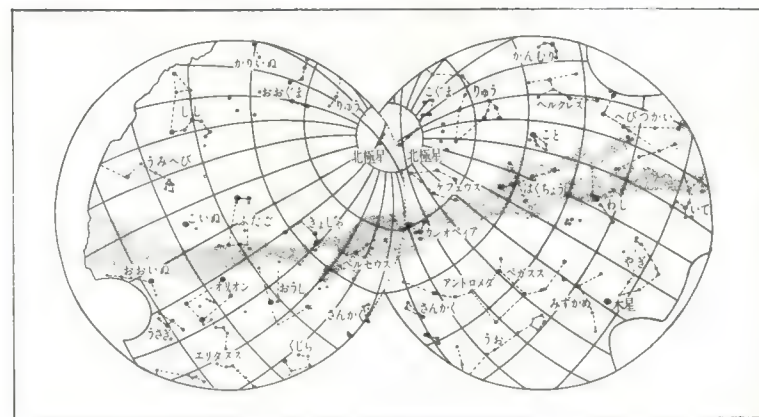
星図を円形にしないでいくつかに分けると上のようになる．図の下の月日には，これに相当する経度 10° ぐらいの間の星は，太陽の方向に当るので，夜じゅう見ても見えない．

(右)，春の宵に見える部分．空氣がかすむ上に，星が少い部分なので夜空は美しくない．
(左)，夏の宵に見える部分．銀河の最も美しい部分が見られ，夜空がはなやかな感じだ．

星図の経度は度数でなくて15°を1時間の割に換算して時間で記してある．天球が1日1廻轉するので，時間であらわしたほうが便利だからだ．0時は春分の日の太陽の方向．

(右)，秋の宵に見える部分．水蒸氣が少くなり，空が澄んでいるので，星も美しくなる．
(左)，冬の宵に見える部分．冬の空には明るい星が多く，空がすごい味を感じさせるころ．

夜 の 空

よく晴れた日に夜空を仰ぐと，明るい星，暗い星が満天にちりばめられ，その美しさは見る人を魅せずにはおかないだろう．ここに掲げたものは，凸面鏡を利用した特殊な装置によって，廣い範囲の天空を撮影したもので，われわれが肉眼で見る夜空の狀態にほぼ近い．もちろん，このように廣い範囲は，われわれが夜空を見るとき，視野に一ぺんには入らず，せいぜい30°～40°ぐらいなので星座は実際には，ぐっと大きく開いて見える．2枚の写眞のそれぞれ中央にある黒いものは，カメラで，これを支える脚も影になって天空の一部がかくされている．まわりには，建物などが黒く見える．

明るい星は写眞の上に大きくうつっているが，これは，露出時間の関係のためで，別に大きいわけではない．星の明るさを尺度としてきめたのが星の等級で，昔ギリシヤで一番明るい星の群を1等星とし，最も暗い星を6等星としたことに始まる．等級が1等ちがうと，明るさが約2.5倍ちがうので，これから逆に0等星，－1等星さては23等星，といった等級もつけられている．これらは，もちろん，地球上から星を見たときのことで，実際の明るさはこれと異る．たとえば，さそり座のアンタレスは太陽の400倍も明るく，北極星は30,000倍も明るい．逆に太陽より暗い星もあり，数は多い．

口径65インチの望遠鏡では 18等星まで見える

口径4インチの望遠鏡では 12等星まで見える

口径16インチの望遠鏡では 15等星まで見える

遠くを見る努力

暗い天界では，光ることによって存在が確められる．遠い星ほど暗く見えるから，望遠鏡の助けをかりると，見えなかった星も見えてくる．遠くを見る努力は，ガリレオの望遠鏡時代から，口径200インチの反射望遠鏡の作られている現在に至るまで，天文学の発展をつらぬく軸ともいうべきものだ．肉眼で見える星の数は約6,000ぐらいだが，望遠鏡を使うとぐっと増え，100インチの望遠鏡なら10億個以上の星が見える．

同じ範囲を口径のちがう望遠鏡で撮影したもの．同じ望遠鏡で露出時間を変えて撮影しても同じことになる．明るい星の附近が光っているのは写眞撮影のため生じたもの．

＊

いろいろの望遠鏡で見える範囲．下の白い半円は肉眼で見える距離で，約200万光年．

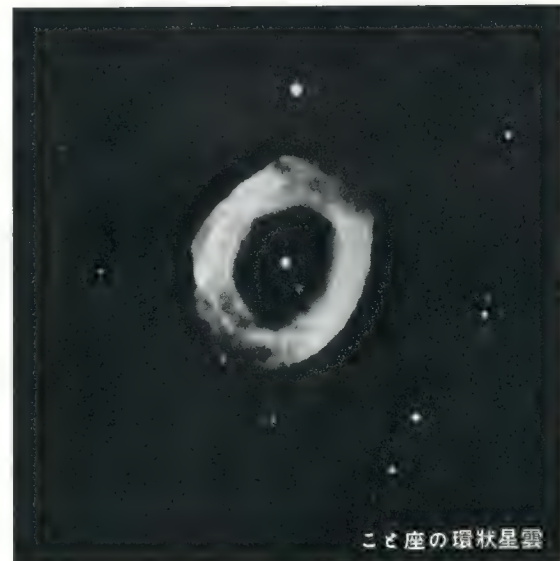
おおくま座のふくろう星雲

こと座の環状星雲

空間の住人は恒星ばかりではない．望遠鏡を用いれば，恒星以外にも興味ある天体がいろいろ見られる．ここに掲げたのはその一つで，惑星状星雲と称せられる種類の代表的なものである．惑星状星雲といっても太陽系の惑星に何のゆかりもない．小望遠鏡で見ると，天王星や海王星のような青緑色の円盤状に見えるのでこの名がつけられただけだ．実体は直径が平均数万億kmにも上る大きなガス塊で，現在発見されているものは370ぐらい．

おうし座のかに星雲

かに星雲

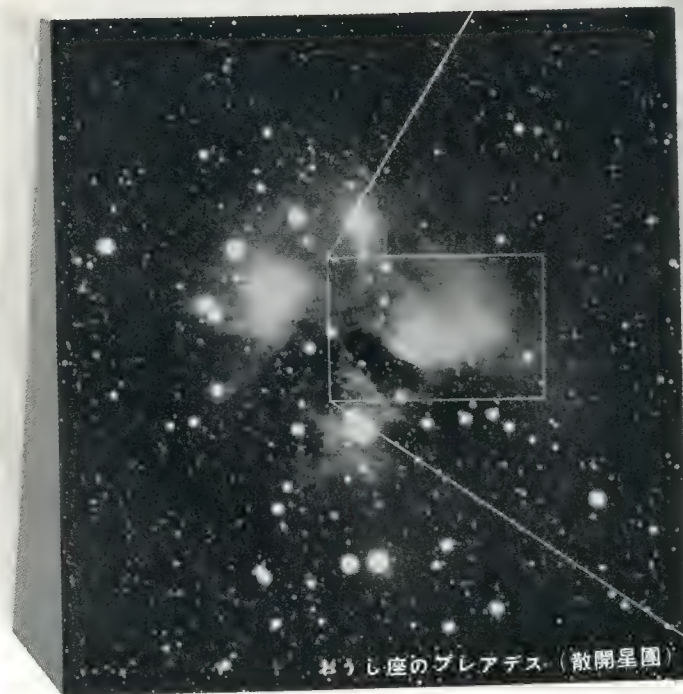
赤外線で撮影したかに星雲の写眞(上)とふつうのもの(下)を見比べてみると，中央から花火のように拡がっている物質の存在がわかる．これは星の爆発によるガス体で惑星状星雲はすべて星の爆発によってできたものと推定されている．星は進化途上で爆発することがあり，大爆発が起ると星体の大部分は吹きとばされて惑星状星雲になる．中央に残っている星はその残部だ．かに星雲は約900年前に爆発しガスはいまも年々拡がっている．

おうし座メローペ星を囲む散光星雲

恒星が星雲をつくるのは，なにも爆発だけに限らない．星が急速に自轉していれば，その遠心力のために，最も自轉速度の速い部分から空間に物質が流れ出すことも考えられる．冬の宵空をかざるプレアデス（スバルともいう）の諸星をかこむ青白いガス星雲はその一例．よく晴れて月のない夜には，ここの明るい星のまわりがぼうっとうるんで見える．青白い色をした星のなかには，このようなガスを吹き出しているものは他にもある．プレアデスまでは500光年．

おうし座のプレアデス（散開星團）

プレアデス

散光星雲

惑星狀星雲でも，プレアデスを囲むガス星雲にしても，ガスは自力で光っているのではなく，中心にある恒星の力によるものである．よその光を借りて光るのなら，塵でも岩のかけらでも，その集團の內部，あるいは近くに明るい星があれば，光ることができるはずである．この場合，單に恒星の光を反射していることもあるし，光をまず吸收して改めて輻射する場合もある．そのいずれにしろ，このようにしてガスや塵が光っているものを散光星雲と呼んでいる．

たて座の星雲（散光星雲）

三裂星雲よりずっと規模か小さい星雲で，明暗の入り乱れているのがよくわかる．黒い部分はそこだけ岩壁やガスが存在していないのではなく，星雲の手前側にあって，影になるので，暗く見えるに過ぎない．ちょうど，太陽を背にした入道雲が暗いのと同じだ．

いて座の三裂星雲（散光星雲）

散光星雲の代表的なもの．三つに裂かれたように見えるので，この名がある．距離は3,200光年．見かけの大きさは $20' \times 24'$ だが実際は21光年もある．この星雲もそうだが一般に散光星雲は形が不規則で，明暗入り乱れているのが特徴だ．距離や大きさは区々．

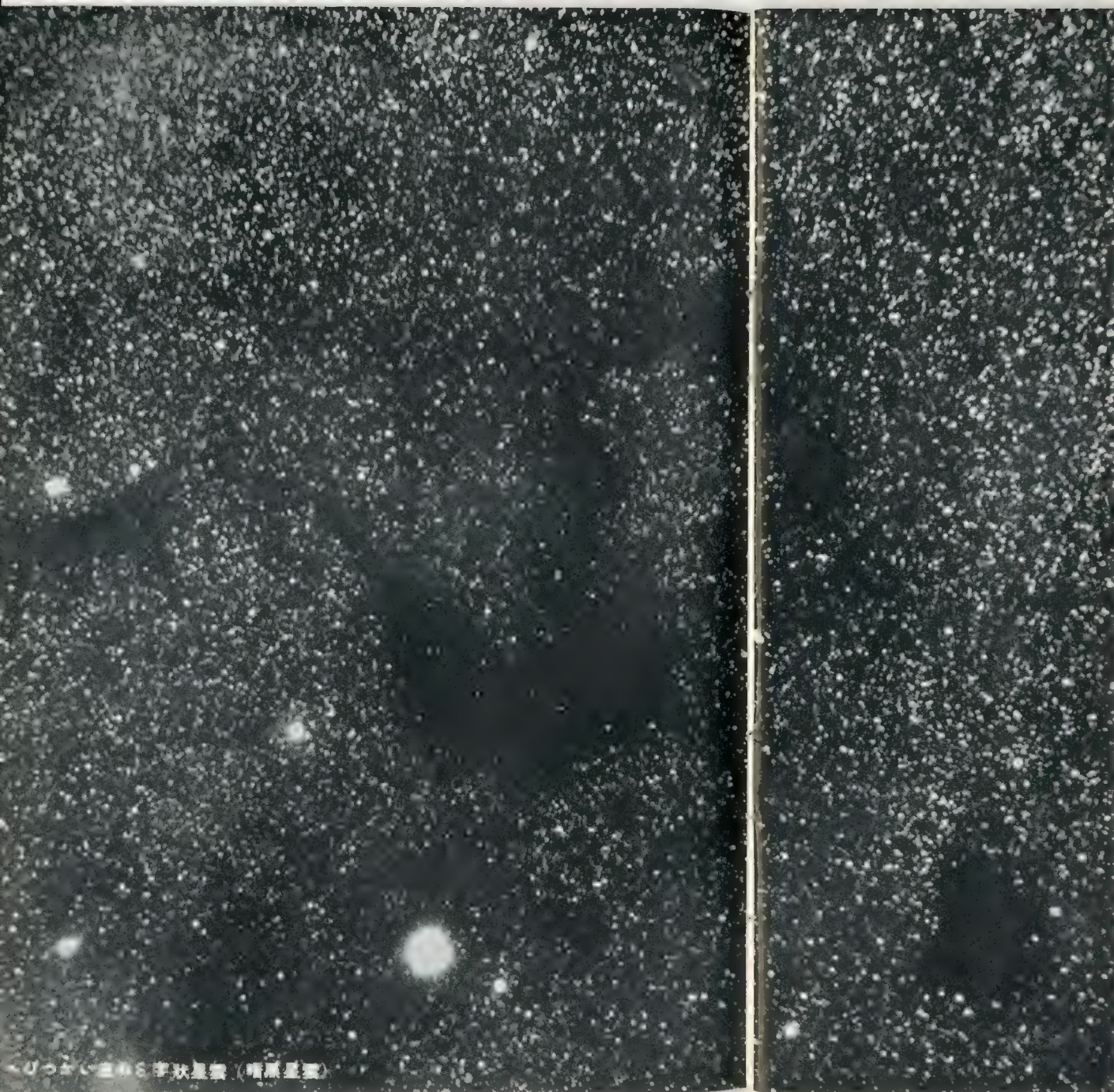
はくちょう座の網状星雲（散光星雲）

この星雲は，左頁のものと円弧を二つ向い合わせたように並んでいる（P47 左下参照）．散光星雲としては，例外に属するもので，星雲を光らせている中心星が見当らない．面白いことにはよく見ると星の数が星雲の右側よりも左側に多い．淡い暗黒星雲のためだ．

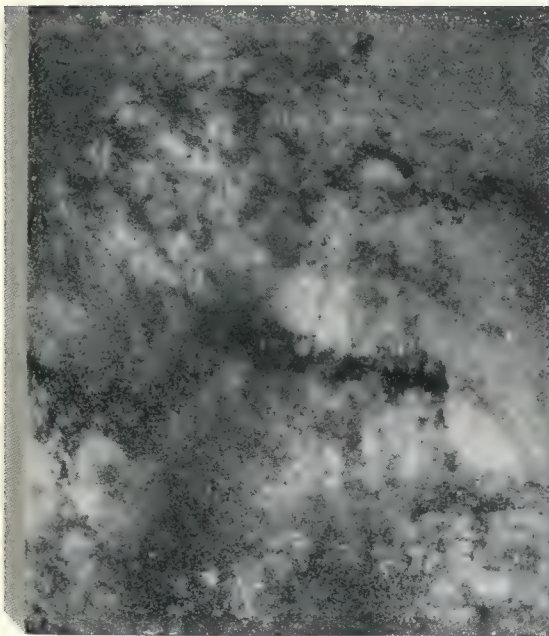
はくちょう座の網状星雲（散光星雲）

はくちょう座のこの網状星雲は，向いあったまま，100年につき数秒の角度という割合で外側に膨脹している．これが昔も今も同じだったとすれば，星雲が現在の大きさになるまでには10万年余を要する．そのころ爆発した星の残骸として生れてたものであろう．

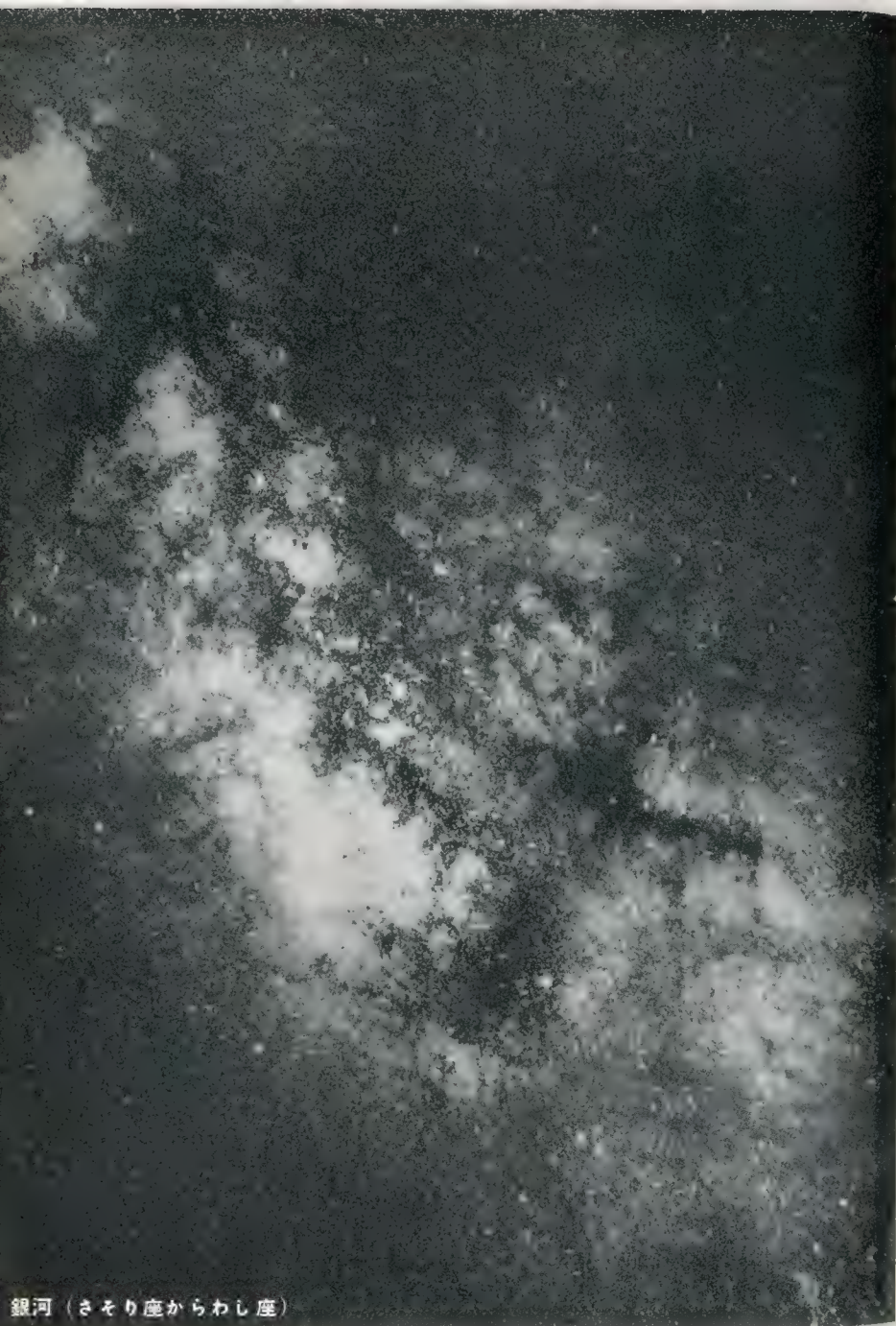
へびつかい座のS字状星雲（暗黒星雲）

オリオン座の馬の首（暗黒星雲）

暗　黒　星　雲

ガスや岩塵の集團の內部とか，近傍に明るい恒星があれば，散光星雲が生れる．しかし，そのような恒星がなかったら，その集團は暗いままで殘るであろう．こんな暗いものはそのままでは，望遠鏡でも認めることはできないが，銀河のように星の多いところにあれば，背後の星をかくすので，存在がわかる．これが暗黒星雲で，銀河を写眞にとってみると，いろいろの形をしたものがたくさん見つけられる（P42—49參照）．

（上），オリオン座の三つ星のすぐ南にあるもの．太陽を背にした入道雲さながらの形．（左），へびつかい座を走る銀河のなかに見つけられたもので，特殊な形のゆえに有名．

へびつかい座からいて座へ

われわれはあまりにも銀河に接近しすぎたようだ．Ｓ字をたよりに，後退してみよう．さそり座やいて座の一部が見えてきた．Ｓ字状暗黒星雲とは比較にならないほど大規模な美しい暗黒星雲も視野のなかに入ってくる．こうした暗黒星雲のなかには，望遠鏡なしでも見られるものがある．南十字星のすぐそばの銀河中には，満月のほぼ25倍にも及ぶ廣い面積のなかに，1個の星も見られない部分もある．‘石炭袋’として，昔から船乗り仲間には有名なものだ．銀河がはくちょう座のあたりから二つに割れているのも，極めて大きな暗黒星雲のためだと考えられている．面白いことには暗黒星雲が人の注意をひきだしたころには，これはわれわれの宇宙にあいている穴で，そこを通じて，宇宙の外がのぞけるのだと考えられていたのである．

銀河（さそり座からわし座）

銀　河

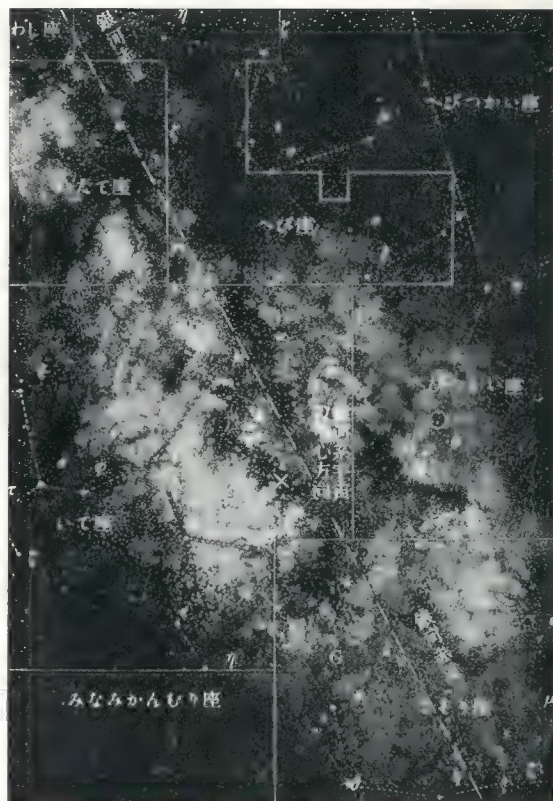
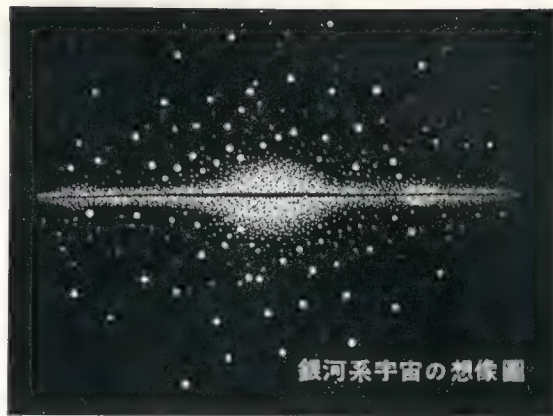
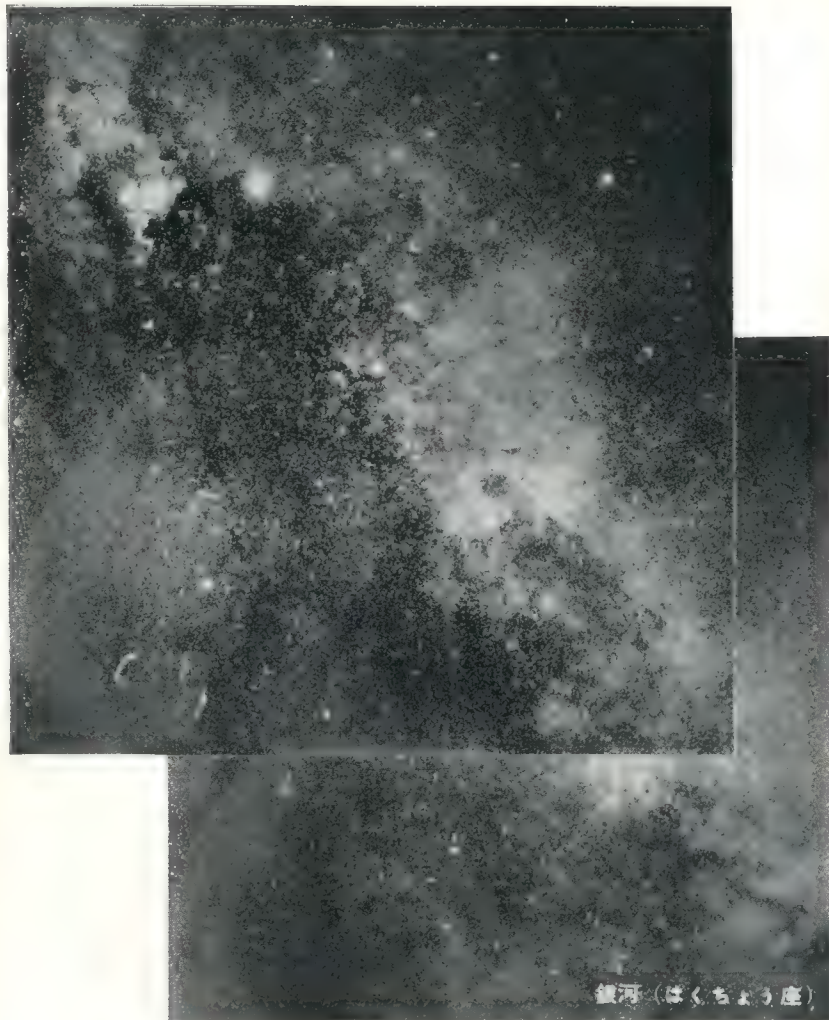
理論から割り出すと，天空には約1,000億個の恒星が存在する．これらの恒星は，眞中がふくらんでいる円形の煎餅のような形に集っている　われわれはこの恒星層のなかにいるので，まわりを見廻すと，せまい区域内にたくさんの星が密集して見られる．これが銀河だ．それでこの恒星集團を銀河系という．直径は約10万光年で，中心部の厚さは約2万光年．太陽から中心までは 32,000 光年．

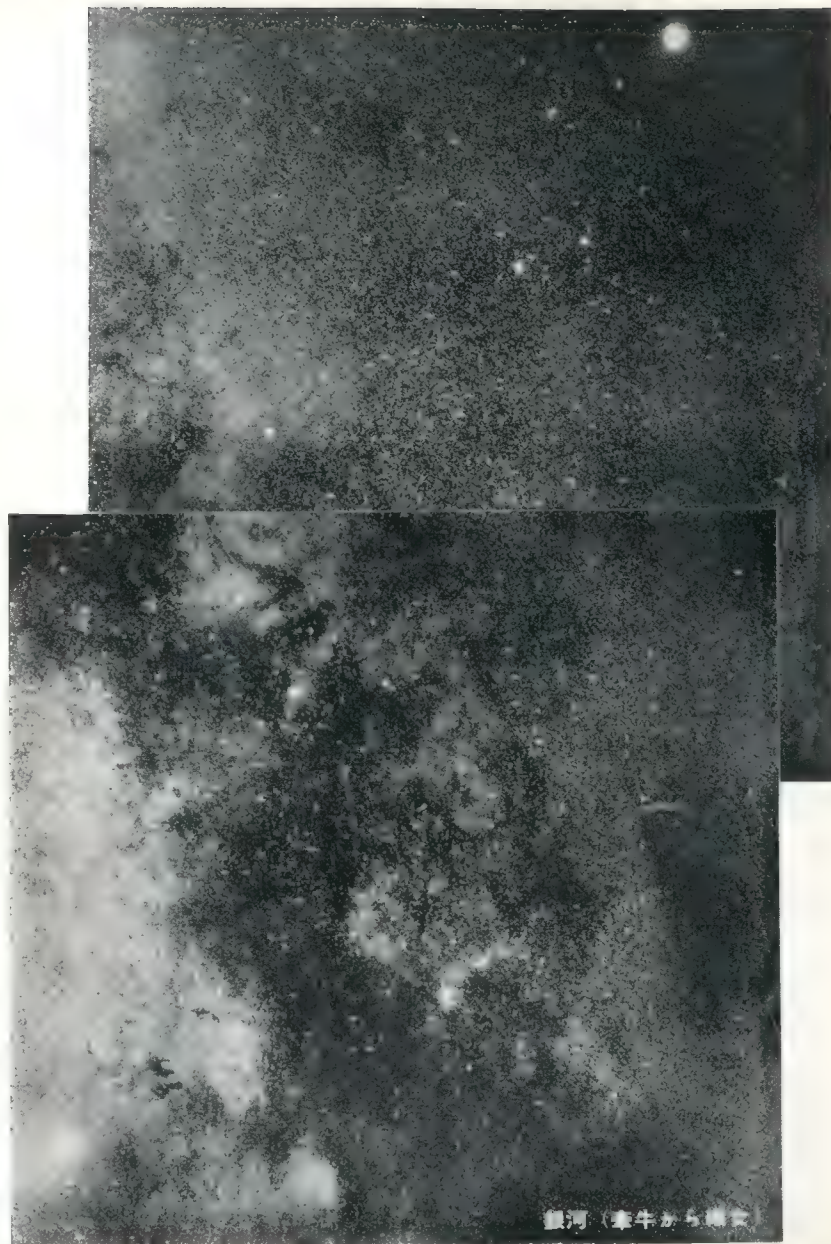
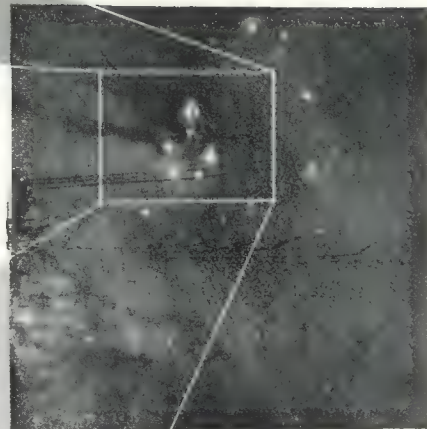
太陽は附近の星とともにこの中心のまわりを毎秒約300kmの速さで廻っている．進行方向は，はくちょう座の方向．1 周するのには約2億年かかる．

銀河系宇宙の想像圖

銀河はここが一番きれいだ．銀河系の中心自体は手前に厖大な暗黑星雲があるので見えない．説明図と見比べると，われわれの視野が更に廣くなっているのがわかるだろう．

昔は星座の境は曲線だったが，1930年以來，天球の緯度，経度線に平行な線で区切ることになった．

銀河（牽牛から織女）

銀河（はくちょう座）

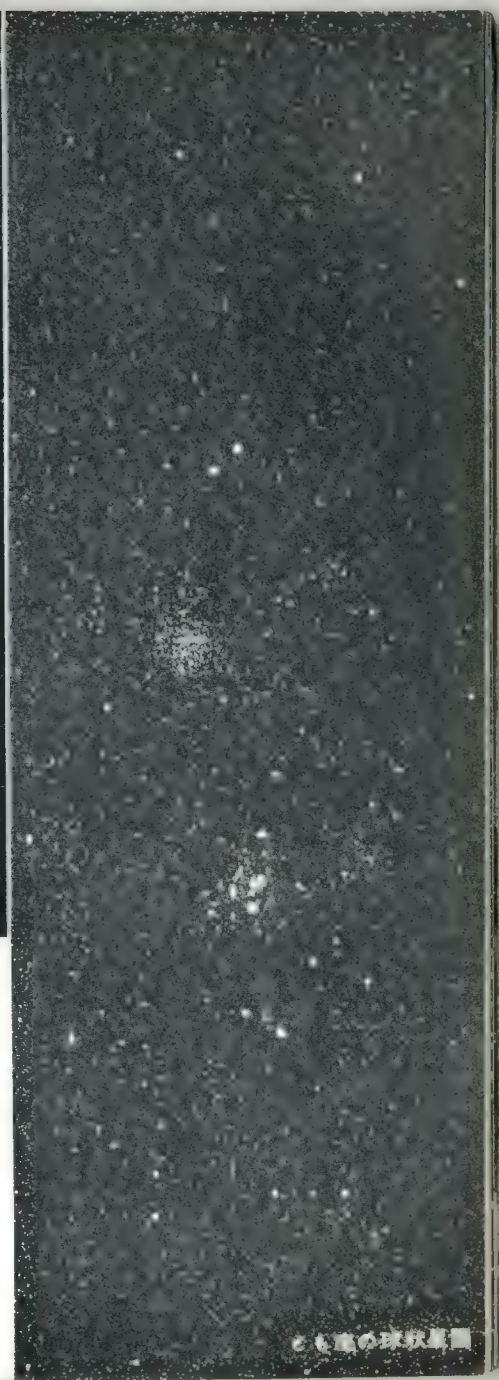
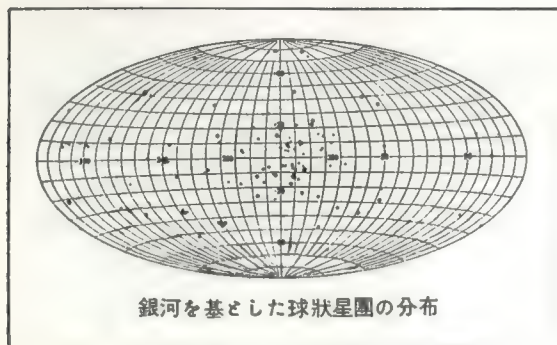
(右)，銀河に沿って，いて座の北を見ると，七夕の傳說で人に知られている牽牛，織女が見える．それぞれ，わし座，こと座に屬する明るい星だ．写眞の右上のものが織女，左下のものが牽牛．もちろん，これらの星は接近したり，離れたりしているわけではない．(左)，わし座より更に銀河を北にのぼると，や座を経て，北十字星ともいわれる壮麗なはくちょう座に達する．わし，こと座とともに，夏の夜の天頂附近をかざる代表的星座だ．写眞の左下には，網狀星雲が見え，左上には，北アメリカに似た美しい星雲もある．銀河附近には，まだ案内したい多くの星座があるが，われわれは別の部分に目を轉じよう．

さそり座・へびつかい座の一部

再びへびつかい座へ

S字状暗黒星雲の見られたへびつかい座の西のほうを望遠鏡で見ると，さそり座に接した部分に，こんな美しい星と星雲のグループが見られる．暗黒星雲と，散光星雲が仲よく共存し，散光星雲を頭に頂く暗黒路が長々とのびているのは，天上界における巨大な吹き流しをおもわせる．左下の明るく光っている部分はさそり座の主星アンタレスで，太陽の160倍も大きい星だ．その右のほうの光っている部分は，一つの星ではなく，よく見ると，星の集團であることがわかる．距離は遠く，もう18,000光年の先になる

とも座の球狀星團

ヘルクレス座の球狀星團

さそり座のアンタレスのそばにも見られた星の塊は，何万個という恒星がまりのように集ったもので，球狀星團と呼ばれる．現在発見されているものは約 100 個．一番見事なものは南天にある．日本で見られるもののなかで最もすばらしいものは，ヘルクレス座のもので，太陽から約 3 万光年．多くの球狀星團はこれより遠い．球狀星團を作っている星は，太陽よりもずっと明るくもし太陽をヘルクレス座球狀星團内に入れたなら，暗くて写眞にうつらないであろう

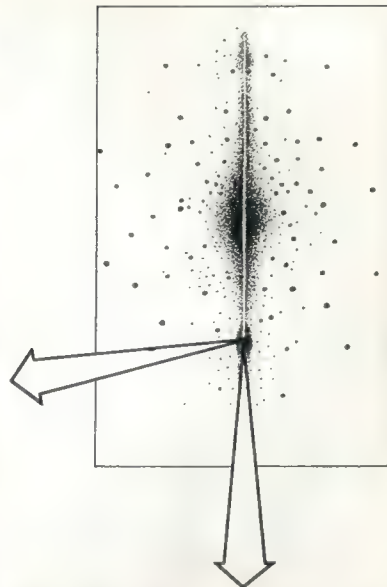
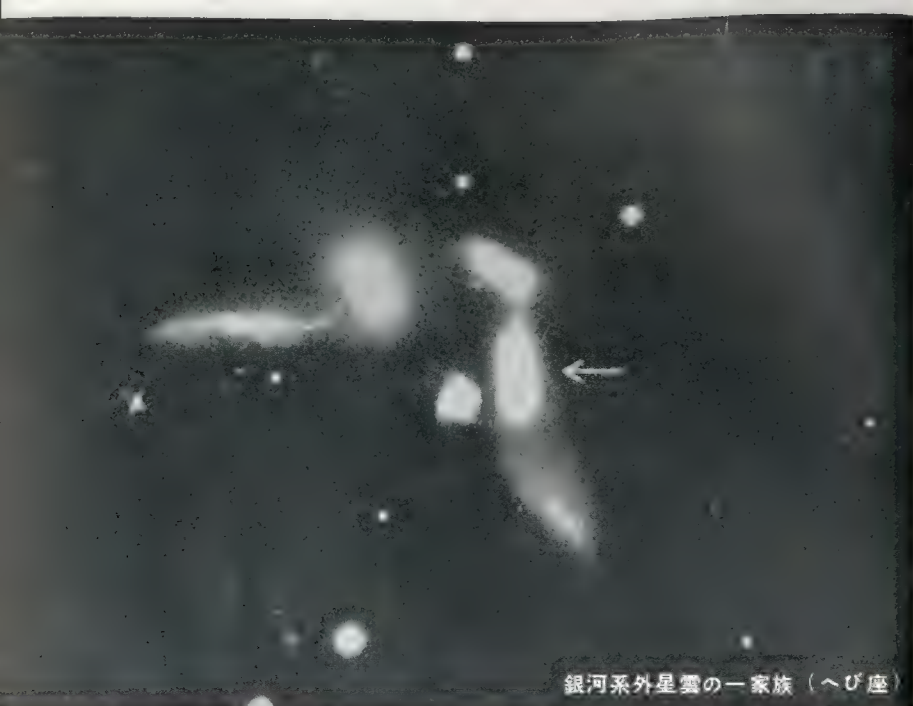
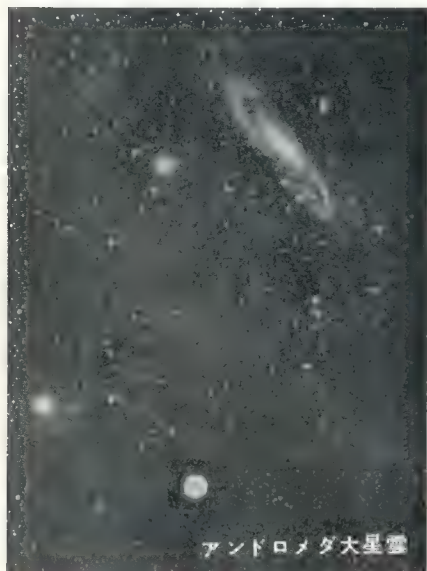
銀河を基とした球狀星團の分布

天空における球狀星團の分布は，不思議なことに天空のほとんど一方に偏っている．偏在の中心点は銀河系の中心方向と一致する．シャプレーは球狀星團の空間分布を調べて，これが銀河系全体をつつんでいることを知りこれから銀河系宇宙の大きさを求めたのであった．

1′

かんむり座の銀河系外星雲群

遠い星雲

銀河系は薄い煎餅形をしているから，見る方向によって星の数がちがう．銀河の方向と，これと直角の方向とを18等星まで写眞にとってみたら，こんなにも星の数がちがっていた．ちがうのは星の数ばかりでなく惑星狀星雲，散光星雲，暗黑星雲など，その他いろいろの天体も銀河に集中している．

銀河から離れると，星の数は少くなる代りに，見るからに美しい形をした渦狀星雲や楕円形星雲が見え，これらは銀河から遠いほど多い．銀河附近は暗黑物質が多いので遠い星雲がかくされてしまうのだ．銀河から遠いおとめ座，かみのけ座，かんむり座には，特にこの種類の星雲が多い．輪郭がぼうっとしているのは，すべて星雲で，満月ほどの面積に 1,000 個の星雲が密集している部分もある．これらはいずれも銀河系宇宙と同じような直径数万光年の小宇宙だ．

銀河系外星雲の一家族（へび座）

アンドロメダ大星雲

潮汐作用を受けて，変形した星雲が右上に見える．このような変形は，二つの星雲が行きあったときに生ずる．銀河系外星雲間の平均間隔は，大体200万光年で毎秒1,000kmの快速でまっすぐに走っても，6億年はかかる距離だから，二つの星雲が行きあうのは珍らしい例．距離は約1,400万光年．見かけの大きさは 2′15″．

↑直径2′のせまい区域に6個の銀河系外星雲が密集する珍らしい例．右上の星雲は潮汐作用で変形している．距離5,320万光年，毎秒4,340kmずつ地球から遠のく．

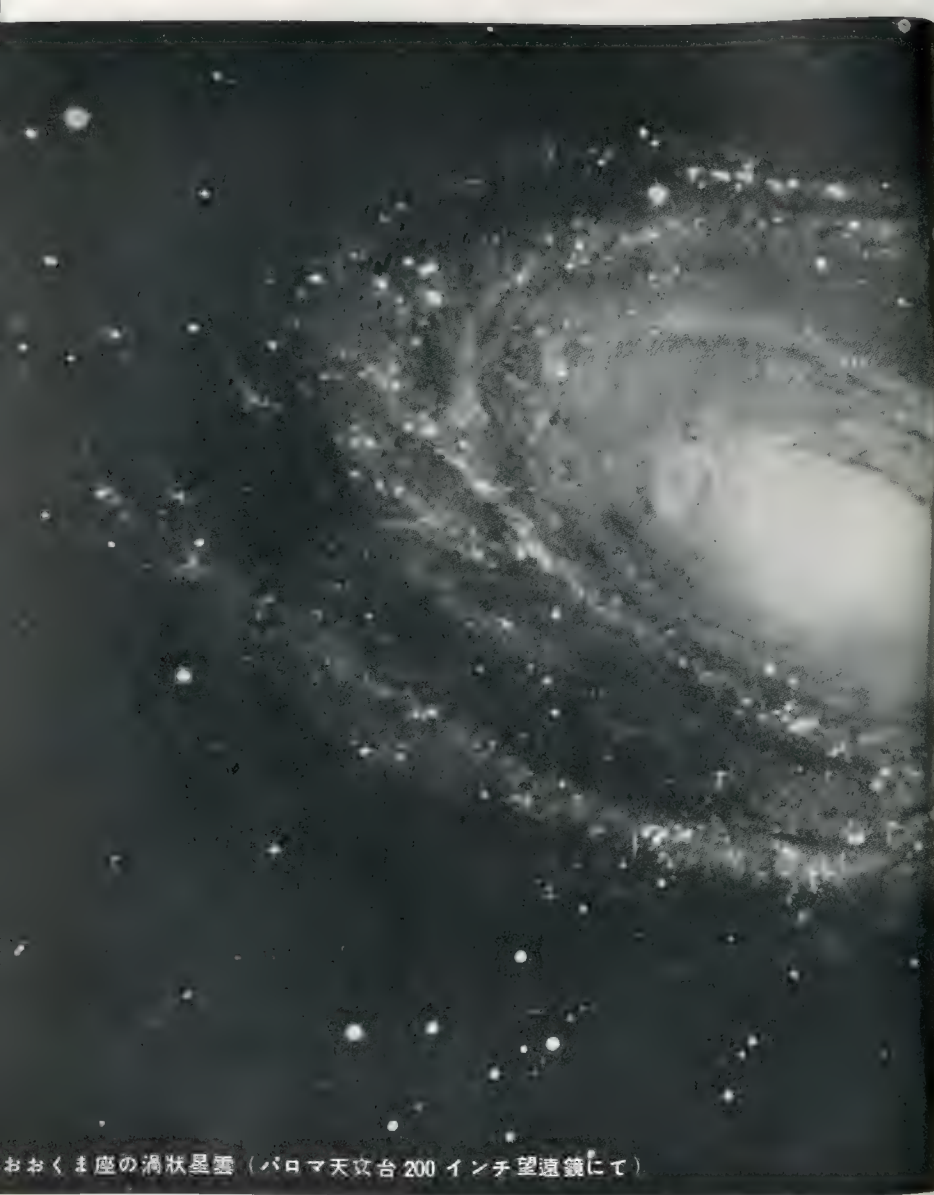
←距離約150万光年．われわれに最も近くかつ形のきれいな渦状星雲として有名だ．

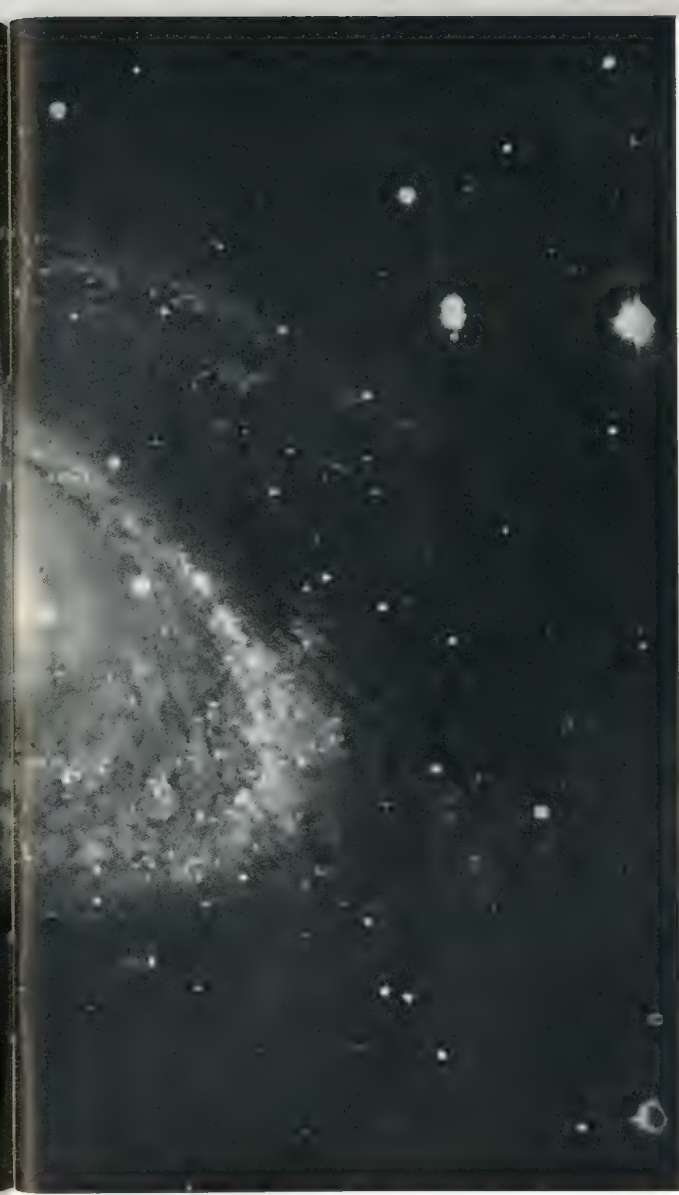
しし座の銀河系外星雲群

アンドロメダ大星雲

→ 実直径 120,000 光年に及ぶ厖大な体系だ．両側には小さな楕円狀星雲が控えている．

↓ ここにふつうの恒星ばかりか球狀星團，新星，特殊な変光星などが豊富に発見され，その研究によりこの星雲の距離が約150万光年と測定されたばかりかこれが銀河系同様な体系だと確認された．銀河系以外の小宇宙の存在を発見した第一歩．

← 見かけは全くガス体なのに，スペクトルは恒星群だと敎える．長い間天文学者の悩みだったが，1944年になって初めて特殊な写眞乾板を用い恒星の大集團であることが証明された．星雲界近年の大收穫．

おおくま座の渦状星雲（パロマ天文台200インチ望遠鏡にて）

200 インチ反射望遠鏡を使用の写眞は
カリフォルニア工科大学の好意による。

何という美しい姿であろうか．この美しさも長時間かけて撮影した写眞にのみ現われるもので，望遠鏡で直接見たのでは，中心部の明るい所がわずかに見られるだけだ．星雲研究が写眞術と共に発達したのは当然であろう．見かけの直径16′×10′，距離440万光年．

双子の星はありふれた存在だが，双子の星雲は少い．これはその珍らしい一例．見かけの大きさは16′×6′ 距離 400 万光年．

渦状星雲の横姿は紡錘形になる．この星雲中の各光点の位置を測定し，横に10倍引伸したら，見事な渦状になった．物質は渦状分枝に沿って，外方に流れ出ている．だから年がたつにつれて渦状分枝は失われる（p 62参照）

おとめ座の紡錘状星雲

かりいぬ座の渦状星雲

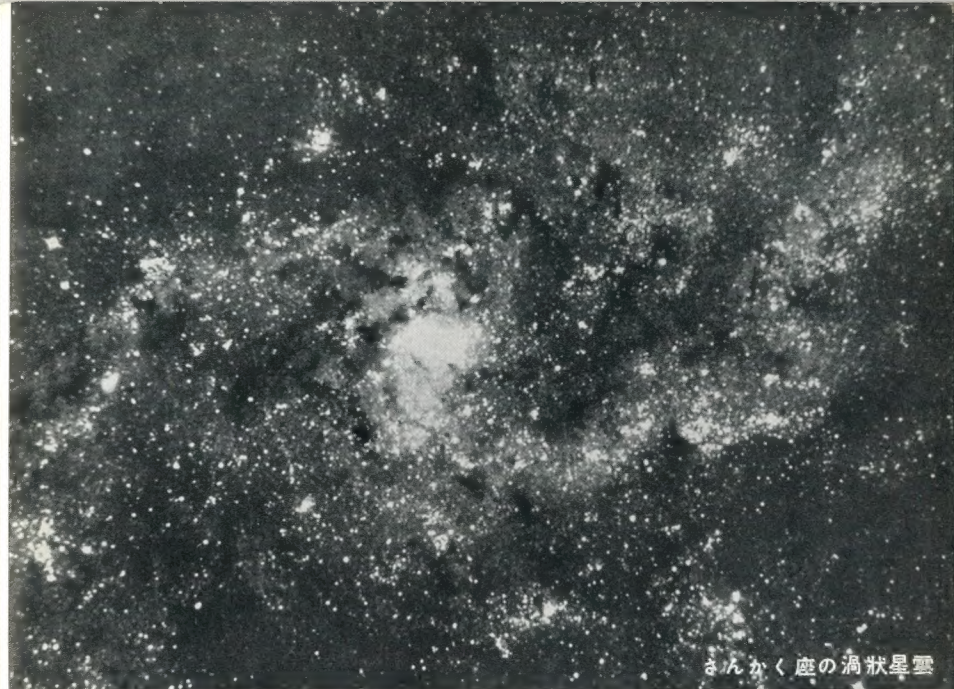
E0 NGC 3379

E2 NGC 221 (M 32)

E5 NGC 4621 (M 59)

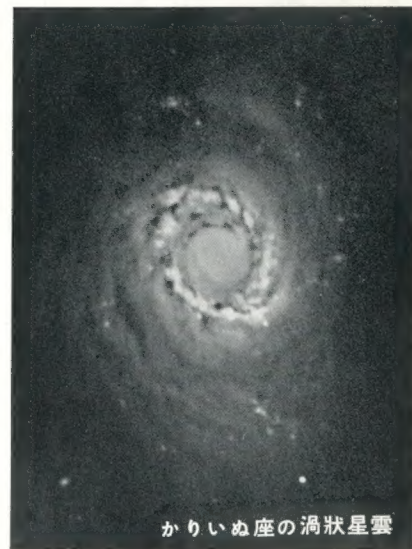
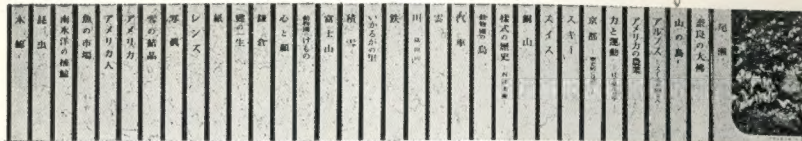
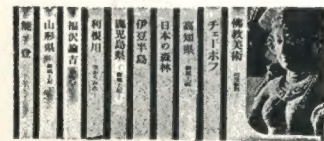
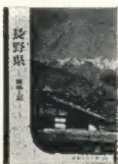
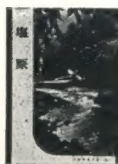
E7 NGC 3115

NGC 3034 (M 82)

NGC 4449

さんかく座の渦状星雲

銀河系外星雲の進化

銀河系外星雲の中には楕円形のものもあれば，不規則形のものもある（E 0, E7などは楕円の程度を表わす）． 星雲は不規則星雲から渦状星雲になり，渦状分枝が次第になくなって，楕円形星雲になる（N.G.C.および M は，それぞれ星雲のカタログの略号）．

われわれが現在観測し得る星雲（小宇宙）の数は大約1,000万箇．その中最も遠いものは約20億光年の彼方にある．しかしこれとて全宇宙に比べれば，庭のなか程度の近距離にすぎない．この外側におよそ1,000億箇にのぼる星雲の作る大宇宙があるのだが，これは今のところ縁なき世界だ．それにしても，今夜見る最遠の星雲の光が，星雲を離れたころには，地球上では，原始生命すらまだ芽生えていなかったのではあるまいか．

かりいぬ座の渦状星雲

20億光年の彼方（パロマ天文台200インチ望遠鏡）